

# КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЦИФРОВОГО НАЗЕМНОГО ТЕЛЕВЕЩАНИЯ

**А.И. СОКОЛОВСКИЙ,**  
начальник научно-исследовательской  
лаборатории ОАО «Гипросвязь»

**С.А. ДЕНИСКИН,**  
ведущий инженер научно-исследовательской  
лаборатории ОАО «Гипросвязь»

15 мая 2015 г. свершилось без преувеличения историческое событие: в Республике Беларусь завершился переход на цифровое наземное телевизионное вещание стандарта DVB-T в дециметровом диапазоне волн. На сегодняшний день республиканская сеть наземного цифрового телевизионного вещания (НЦТВ) состоит из 25 одночастотных зон обслуживания BLR1–BLR25. Более 99 % населения имеет возможность смотреть бесплатный социальный пакет из восьми телевизионных и одной программы радиовещания в стандарте DVB-T, часть территории охвачена коммерческим телевидением 2-го и 3-го слоев по стандарту DVB-T2. Теперь перед организациями-вещателями стоят задачи по организации эксплуатации сети с высоким качеством обслуживания и дальнейшему расширению зоны охвата 2-м и 3-м коммерческими слоями.

Сеть НЦТВ – это сложный технологический комплекс, состоящий из центра междугородного телевидения (ЦМТ) в г. Минске, территориальных пунктов выделения программ (ПВП) в областных и районных центрах, радиотелевизионных передающих станций (РТПС) и сети распределения телепрограмм, построенной на базе республиканской мультисервисной цифровой сети передачи данных. На рисунке 1 представлена структурная схема фрагмента сети НЦТВ, иллюстрирующая процесс преобразования и передачи цифровых телевизионных сигналов от источников телепрограмм к потребителям телевизионного контента (телезрителям). Весь тракт преобразования и передачи сигналов можно условно разделить на три звена [1]:

- звено формирования и передачи транспортного потока (мультиплекса);
- звено формирования и передачи сигналов стандарта DVB-T/T2 в эфир;
- звено приема из эфира, декодирования и отображения телепрограмм на экране приемного устройства.

Очевидно, что для достижения высокого качества «картинки» и звукового сопровождения на экране телевизора необходимо обеспечить контроль соответствия параметров цифрового сигнала требованиям ТНПА во всех перечисленных звеньях тракта. Недостаточно вести только визуальный контроль с помощью дежурных операторов, как это было принято в аналоговом телевидении, так

как постепенное ухудшение параметров цифрового сигнала до определенных значений никак не проявляется на приемном устройстве, а по достижении критических значений качество резко снижается до неприемлемого уровня, вплоть до полного прекращения приема сигнала. В связи с этим нужен непрерывный автоматизированный мониторинг параметров цифровых сигналов во всех звеньях с целью своевременного выявления ухудшения параметров и приближения их к критическим значениям. В качестве контрольных целесообразно выбирать точки на стыках звеньев там, где происходит преобразование сигнала.

В таблице 1 показаны контрольные точки между звеньями и параметры сигнала, подлежащие контролю.

Рассмотрим подробнее каждую контрольную точку.

Контрольная точка 1 – выход оборудования кодирования и мультиплексирования (выход шлюза T2-MI для стандарта DVB-T2). В этой точке контролю подлежат параметры 1-, 2-, 3-го приоритетов последовательного асинхронного транспортного потока ASI в соответствии со стандартом СТБ 2143–2011 [2].

Как показано в [3], ошибки параметров 1-, 2-, 3-го приоритетов влияют на следующие свойства транспортного потока (ТП):

- декодируемость – принципиальная возможность декодирования любой программы ТП без ошибок и искажений;

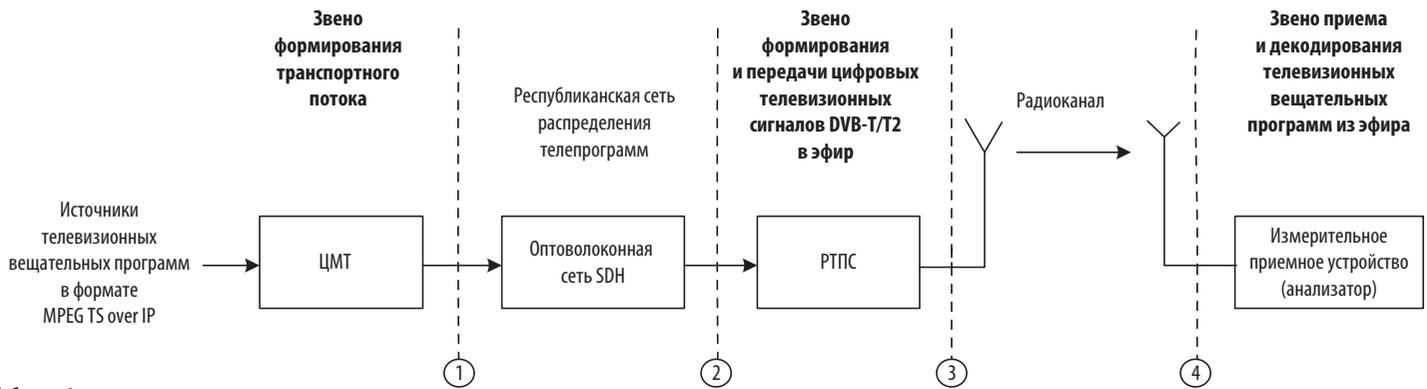


Таблица 1

Контрольная точка	Выход оборудования кодирования и мультиплексирования (шлюза T2-MI)	Вход возбуждителя цифрового передатчика	Высокочастотный выход цифрового передатчика	Выход абонентской приемной антенны
Цифровой сигнал	Многопрограммный транспортный поток	Многопрограммный транспортный поток	Модулированный радиосигнал DVB-T (DVB-T2)	Модулированный радиосигнал DVB-T (DVB-T2)
Интерфейс	ASI MPEG TS (ASI T2-MI)	ASI MPEG TS (ASI T2-MI)	RF	RF
Контролируемые параметры	Ошибки 1-, 2-, 3-го приоритетов транспортного потока	Ошибки 1-, 2-, 3-го приоритетов транспортного потока	Выходная мощность, коэффициент ошибок модуляции MER, коэффициент битовых ошибок BER, отклонение центральной частоты канала, ошибки 1-, 2-, 3-го приоритетов ТП	Уровень сигнала, соотношение сигнал/шум, коэффициент ошибок модуляции MER, коэффициент битовых ошибок BER

Рисунок 1

- универсальность – возможность распространения данного ТП по любым доступным каналам связи;
  - помехозащищенность – устойчивость ТП к внешним помехам и искажениям;
  - информативность – содержание в ТП необходимой пользовательской информации.
- В таблице 2 показано влияние ошибок каждого параметра на вышеописанные свойства ТП.

Таблица 2

Название ошибки	Описание ошибки	Влияние ошибки на оценку качества ТП
<b>1-й приоритет</b>		
1.1 TS_sync_loss	Потеря синхронизации ТП	Фатальная ошибка. До восстановления синхронизации измерения и проверки ТП невозможны
1.2 Sync_byte_error	Ошибка приема байта синхронизации ТП	В массовом проявлении, граничащем со срывом синхронизации, может внести существенный вклад в общее ухудшение качества ТП. В единичных случаях не влияет на качество ТП
1.3 PAT_error	Ошибка таблицы соединения программ	Редкие сбои могут привести к задержке декодирования. Постоянный сбой приводит к невозможности декодирования
1.4 Continuity_count_error	Нарушение непрерывности счета	Влияет на декодируемость и помехозащищенность ТП
1.5 PMT_error	Ошибка таблицы структуры программ	Редкие сбои могут привести к задержке декодирования. Постоянный сбой приводит к невозможности декодирования
1.6 PID_error	Ошибка в определении идентификации пакета	Не используется в алгоритме
<b>2-й приоритет</b>		
2.1 Transport_error	Ошибка в транспортном пакете	Влияет на декодируемость ТП
2.2 CRC_error	Ошибка циклического контроля всех таблиц	Влияет на информативность и помехозащищенность ТП
2.3 PCR_error	Ошибка в передаче сигнала синхронизации задающего генератора	Возможны влияние на помехоустойчивость и сбои в декодировании программы или группы программ. Полное отсутствие PCR влечет за собой невозможность декодирования программы или группы программ
2.4 PCR_accuracy_error	Ошибка точности значений PCR более ±500 нс	Возможны влияние на помехоустойчивость и сбои в декодировании программы или группы программ
2.5 PTS_error	Ошибка меток времени представления	Возможны влияние на помехоустойчивость и сбои в декодировании данных
2.6 CAT_error	Ошибка таблицы условного доступа	Редкие сбои могут привести к задержке, а постоянный сбой приводит к невозможности декодирования закрытых программ или группы закрытых программ
<b>3-й приоритет</b>		
3.1 NIT_error	Ошибка таблицы сетевой информации	Редкие сбои могут привести к задержке в передаче потока через модулятор. Постоянный сбой приводит к невозможности передачи. Ошибка также вызывает ухудшение информативности ТП
3.2 SI_repetition_error	Ошибка интервала следования системных таблиц	Возможны сбои и задержки декодирования, ухудшение помехоустойчивости
3.3 Buffer_error	Ошибка переполнения входного буфера	Возможны сбои декодирования и ухудшение помехозащищенности
3.4 Unreferenced_PID	Ошибка внутренних связей ТП	Вызывает задержку декодирования данных. При отсутствии пакета в ТП вызывает невозможность декодирования данных
3.5 SDT_error	Ошибка таблицы сервисных описателей	Если таблица присутствует в ТП, то эта ошибка вызывает задержку в передаче потока через модулятор. В случае отсутствия этой таблицы в ТП передача невозможна. Ошибка также вызывает ухудшение информативности ТП
3.6 EIT_error	Ошибка таблицы информации о событиях	Влияет на помехозащищенность и информативность ТП
3.7 RST_error	Ошибка таблицы статуса запуска	Влияет на помехозащищенность и информативность ТП
3.8 TDT_error	Ошибка таблицы времени и даты	Влияет на помехозащищенность и информативность ТП
3.9 Empty_buffer_error	Ошибка опустошения входного буфера	Может влиять на декодирование
3.10 Data_delay_error	Ошибка задержки данных	Может влиять на декодирование

Контрольная точка 2 – вход возбуждителя цифрового телевизионного передатчика. Все, сказанное в отношении контрольной точки 1 относится и к данной контрольной точке.

Контрольная точка 3 – высокочастотный выход RF цифрового телевизионного передатчика, точнее, выход направленного ответвителя измерительного отрезка антенно-фидерного тракта между выходом передатчика и фидером передающей антенны. Контролируемые параметры и методы их измерений регламентируются СТБ 1697–2010 [4].

Контрольная точка 4 – точка размещения измерительного приемника-анализатора с приемной антенной на местности в данной зоне обслуживания.

Методы измерения покрытия в зонах обслуживания и оценка результатов измерений описаны в Рекомендации МСЭ-R SM.1875–2010 [5]. В соответствии с [5] качество приема сигнала цифрового телевидения в зоне обслуживания при условии соответствия параметров установленным нормам в контрольных точках 1–3 будет зависеть от следующих факторов [6]:

- напряженности электромагнитного поля телевизионного сигнала в точке приема;
- технических характеристик приемной антенны;
- высоты подвеса приемной антенны;
- затухания сигнала в антенном фидере приемной антенны;
- технических характеристик приемного устройства (цифрового телевизионного приемника или приставки);
- уровня мешающих сигналов (помех различного происхождения) в точке приема.

При вводе новых зон обслуживания в эксплуатацию должно проводиться обследование границы зоны в нескольких контрольных точках с целью:

- определения уровня принимаемого сигнала, соотношения сигнал/шум, коэффициента ошибки модуляции MER, коэффициента битовых ошибок BER на выходе фидера приемной антенны в данной точке;
- выбора типа приемной антенны, высоты ее подвеса и ориентации на максимум принимаемого сигнала;
- сравнения измеренных значений с расчетными данными по карте зоны покрытия;
- оценки возможности стабильного качественного приема сигнала в данной точке.

Измерение параметров телевизионного сигнала в выбранной контрольной точке приема производится по схеме, приведенной на рисунке 2.

Перед началом измерений определяют координаты точки приема и ее местоположение на карте зоны покрытия с целью определения азимута на ближайшую РТПС. Устанавливают направленную приемную антенну на высоту 3 м в условиях

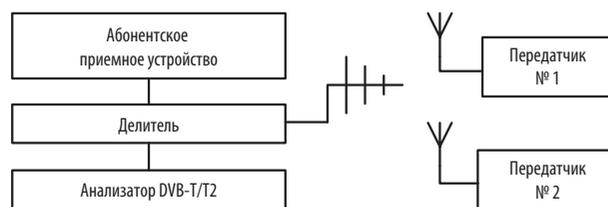


Рисунок 2

открытой местности и на высоту 10 м в условиях высотной застройки и высокой растительности и ориентируют ее на ближайшую РТПС. Настраивают измерительный приемник-анализатор на частоту ТВ канала данной зоны и уточняют ориентацию антенны по максимуму принимаемого сигнала.

Если точка приема находится в зоне интерференции (рисунок 3), то приемную антенну необходимо ориентировать последовательно на все РТПС данной одночастотной зоны для нахождения направления максимального уровня принимаемого сигнала.

Далее измеряют уровень сигнала, соотношение сигнал/шум, параметры MER, BER. На абонентском приемном устройстве фиксируют показания индикаторов «уровень» и «качество» (в процентах). Контролируют наличие квазибезошибочного приема<sup>1</sup> на абонентском приемном устройстве.

Измеренные значения параметров сравнивают с их расчетными величинами на карте зон покрытия и пороговыми значениями, при которых еще возможен стабильный квазибезошибочный прием (получены опытным путем при проведении полевых натурных испытаний [6]):

Уровень сигнала, дБм	MER, дБ	BER	Показания индикаторов приемного устройства, %		Наличие квазибезошибочного приема
			Уровень	Качество	
69,0–70,0	20–21	10–4–10–6	17–18	18–19	Есть

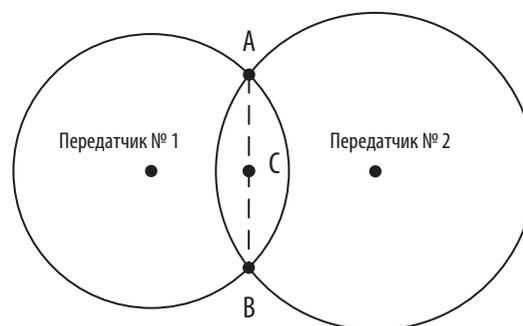


Рисунок 3 – Точка С в зоне интерференции двух передатчиков

Для гарантированного обеспечения качественного приема необходимо, чтобы запас по показателям уровня и качества приемного устройства составлял не менее 50 %.

<sup>1</sup> Критерием квазибезошибочного приема является отсутствие событий срыва изображения или звука, а также известных артефактов («рассыпание», «замораживание») на воспроизводимом изображении. При появлении таких событий испытания производят три раза.

В зависимости от полученных результатов делаются выводы:

1. Оценка соответствия (несоответствия) измеренных параметров расчетным данным карты зоны покрытия.

2. Оценка возможности (невозможности) качественного приема в данной точке (возможны три варианта):

- стабильный качественный прием в данной точке невозможен (измеренные параметры ниже пороговых, приема сигнала нет);

- качественный прием в данной точке возможен на направленную антенну высотой \_\_\_ м, ориентированную на \_\_\_\_\_, однако его стабильность не гарантируется (измеренные параметры выше пороговых, но запас по показаниям индикаторов приемного устройства составляет менее 50 %);

- качественный стабильный прием в данной точке обеспечивается на направленную антенну высотой \_\_\_ м, ориентированную на \_\_\_\_\_.

Описанную методику следует также применять в случаях поступления жалоб от телезрителей на плохое качество приема в отдельных населенных пунктах, кварталах и улицах.

Информация о состоянии параметров сигналов и оборудования в контрольных точках 1–4 должна поступать в автоматизированную систему управления и мониторинга сети, которая выполняет следующие функции:

- непрерывный, в режиме реального времени анализ состояния сети в целом и ее отдельных звеньев (формирования телевизионных программ, формирования и передачи цифровых потоков, передачи цифровых телевизионных сигналов и приема телевизионных вещательных программ);

- контроль параметров транспортного потока на входе и выходе цифровых передатчиков DVB-T/T2;

- контроль высокочастотных параметров передатчиков;

- контроль наличия вводов электроснабжения на входе объекта мониторинга;

- удаленный контроль и управление устройствами электроснабжения, установленными на объекте мониторинга.

Дополнительно система мониторинга может обеспечивать:

- возможность видеонаблюдения за объектами мониторинга при срабатывании датчика движения;

- возможность технологической связи между персоналом аварийно-профилактических групп, выезжающих на объекты мониторинга, и персоналом центра управления, ПВП, РТПС и других объектов мониторинга;

- возможность передачи сигналов охранно-пожарной сигнализации от объектов мониторинга до центра управления.

Поступающая от установленного в контрольных точках измерительного оборудования информация должна быть обработана и интерпретирована таким образом, чтобы дежурные операторы сети могли принять адекватное корректирующее воздействие. Как показано в [7], для облегчения принятия решения оператором целесообразно применять способ допускового контроля, т. е. интерпретировать состояние параметров грациями «норма», «опасно», «брак».

В настоящее время на сети НЦТВ функционирует фрагмент системы управления и мониторинга, который позволяет контролировать параметры транспортного потока и сигналов синхронизации только на территории Минской области. Поэтому в текущем году актуальной является задача по развитию системы на всей территории республики и ее модернизации с целью обеспечения автоматического контроля радиочастотных параметров цифровых телевизионных передатчиков и параметров приема телевизионного сигнала в зонах обслуживания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Система наземного цифрового телевизионного вещания. Сигналы и тракты. Основные параметры и методы измерений: СТБ 1630–2010. – Введ. 01.07.2011. – Минск: ОАО «Гипросвязь», 2011. – 3 с.
2. Система наземного цифрового телевизионного вещания. Оборудование кодирования, мультиплексирования и приема. Основные параметры и методы измерений: СТБ 2143–2011. – Введ. 01.09.2011. – Минск: ОАО «Гипросвязь», 2011. – С. 4–6.
3. **Кустов, Д.А.** Об оценке качества передачи цифрового телевизионного транспортного потока / Д.А. Кустов. – Санкт-Петербург: Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. – 2008. – Вып. 2. – С. 112–117.
4. Радиопередатчики телевизионные цифровые. Основные параметры, технические требования и методы измерений: СТБ 1697–2010. – Введ. 01.08.2010. – Минск: ОАО «Гипросвязь», 2010. – С. 4–6.
5. Измерение покрытия DVB-T и проверка критериев планирования. Серия SM. Управление использованием спектра: Рек. МСЭ-R SM.1875. – Женева, 2012. – 8 с.
6. Разработка рекомендаций по проведению измерений рабочих параметров для осуществления качественного приема наземного цифрового телевизионного вещания стандарта DVB-T2 в Республике Беларусь // Отчетные материалы НИР 5/14. – Минск: ОАО «Гипросвязь», 2014. – 5 с.
7. **Кустов, Д.А.** Дистанционный мониторинг цифровых передатчиков стандарта DVB на основе допускового контроля / Д.А. Кустов. – Санкт-Петербург: Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. – 2011. – Вып. 2. – С. 140–142.